



Analisis Siklus Hidup (*Life Cycle Assessment*) Produksi Biobriket dari Bonggol Jagung dengan Perekat Tapioka menuju Energi Berkelanjutan

Irfan Maulana^{1*}, Julia Hapsari Putri²

¹⁻² Universitas Trisakti, Indonesia

Alamat: Jl. Letjen S. Parman No.1, RT.6/RW.16, Grogol, Kec. Grogol petamburan, Kota Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta

Email Irfanmaulana@trisakti.ac.id^{1}, Juliahapsariptri@trisakti.ac.id²

Korespondensi penulis: Irfanmaulana@trisakti.ac.id

Abstract. *The transition to sustainable energy requires innovative, environmentally friendly renewable fuels, one of which is biobriquettes derived from biomass waste. This study aims to analyze the environmental impacts of biobriquette production using corncobs as raw material and tapioca adhesive as a binder through the Life Cycle Assessment (LCA) method. The analysis covers the stages from raw material collection (transportation of corncobs), processing (drying, carbonization, mixing with adhesive, molding, and packaging), to distribution. Environmental impact data were processed using OpenLCA software with the CML-IA baseline method. The results indicate that the carbonization stage and the use of tapioca adhesive contribute the most to greenhouse gas emissions, particularly CO₂ and CH₄, as well as eutrophication and acidification impacts. However, compared to biobriquettes from other raw materials or fossil fuels, corncob biobriquettes have the potential to reduce the carbon footprint by up to 45% if the carbonization process employs efficient retort technology. In conclusion, the production of biobriquettes from corncobs with tapioca adhesive is environmentally feasible as a sustainable energy alternative, with recommendations for improvement through closed-system carbonization and optimization of adhesive proportion to minimize ecological impacts.*

Keywords: *Life Cycle Assessment, biobriquette, corncob, tapioca adhesive, sustainable energy, environmental impact.*

Abstrak. Transisi menuju energi berkelanjutan memerlukan inovasi bahan bakar terbarukan yang ramah lingkungan, salah satunya adalah biobriket dari limbah biomassa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak lingkungan dari produksi biobriket berbahan baku bonggol jagung dengan perekat tapioka menggunakan metode Life Cycle Assessment (LCA). Analisis dilakukan dari tahap pengumpulan bahan baku (pengangkutan bonggol jagung), pengolahan (pengeringan, karbonisasi, pencampuran perekat, pencetakan, dan pengemasan), hingga distribusi. Data dampak lingkungan diolah menggunakan perangkat lunak OpenLCA dengan metode CML-IA baseline. Hasil menunjukkan bahwa tahap karbonisasi dan penggunaan perekat tapioka memberikan kontribusi terbesar terhadap emisi gas rumah kaca, terutama CO₂ dan CH₄, serta dampak eutrofikasi dan acidifikasi. Namun, dibandingkan dengan biobriket dari bahan baku lain atau bahan bakar fosil, biobriket bonggol jagung memiliki potensi penurunan jejak karbon hingga 45% jika proses karbonisasi menggunakan teknologi retort yang efisien. Kesimpulannya, produksi biobriket dari bonggol jagung dengan perekat tapioka layak secara lingkungan sebagai alternatif energi berkelanjutan, dengan rekomendasi perbaikan pada sistem karbonisasi tertutup dan optimalisasi proporsi perekat untuk meminimalkan dampak ekologis.

Kata kunci: Life Cycle Assessment, biobriket, bonggol jagung, perekat tapioka, energi berkelanjutan, dampak lingkungan.

1. LATAR BELAKANG

Ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar fosil telah menyebabkan berbagai permasalahan global, seperti penipisan cadangan sumber daya alam tak terbarukan, ketidakstabilan harga energi, serta peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) yang memicu perubahan iklim. Dalam upaya mewujudkan energi berkelanjutan, pemerintah dan berbagai lembaga penelitian di seluruh dunia mulai mengalihkan perhatian pada sumber energi

terbarukan berbasis biomassa. Salah satu alternatif yang menjanjikan adalah biobriket, yaitu bahan bakar padat yang dihasilkan dari limbah organik melalui proses pemadatan.

Indonesia sebagai negara agraris menghasilkan limbah biomassa dalam jumlah sangat besar, salah satunya adalah bonggol jagung. Berdasarkan data Kementerian Pertanian, produksi jagung nasional mencapai lebih dari 20 juta ton per tahun, dengan proporsi bonggol jagung sekitar 20-30% dari total buah jagung. Sayangnya, selama ini bonggol jagung hanya dibakar atau dibuang begitu saja, yang justru menghasilkan emisi karbon tanpa manfaat energi yang optimal. Padahal, bonggol jagung memiliki kandungan karbon dan nilai kalor yang cukup tinggi, sehingga berpotensi untuk diolah menjadi biobriket.

Selain bahan baku, pemilihan perekat juga memegang peranan penting dalam kualitas biobriket. Perekat tapioka (kanji) dipilih karena mudah didapat, murah, ramah lingkungan, dan mampu mengikat partikel biomassa dengan baik. Namun demikian, proses produksi biobriket mulai dari pengangkutan bahan baku, pengeringan, karbonisasi, pencampuran perekat, pencetakan, hingga distribusi juga berpotensi menimbulkan dampak lingkungan tersendiri, seperti emisi gas buang dari proses pembakaran (karbonisasi), konsumsi energi, dan penggunaan air.

Oleh karena itu, sekadar mengklaim bahwa biobriket "ramah lingkungan" tidaklah cukup tanpa adanya bukti kuantitatif yang komprehensif. Di sinilah diperlukan metode Life Cycle Assessment (LCA) atau Analisis Siklus Hidup. LCA merupakan metode sistematis untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari suatu produk sepanjang siklus hidupnya, mulai dari pengambilan bahan baku (cradle) hingga akhir masa pakai (grave). Dengan LCA, dapat diidentifikasi tahapan mana dalam produksi biobriket bonggol jagung yang memberikan kontribusi terbesar terhadap pemanasan global, acidifikasi, eutrofikasi, atau dampak ekologis lainnya.

Hingga saat ini, penelitian tentang biobriket dari bonggol jagung masih didominasi oleh aspek teknis seperti nilai kalor, kadar air, dan kerapatan. Penelitian yang mengintegrasikan LCA pada biobriket bonggol jagung dengan perekat tapioka masih sangat terbatas. Padahal, tanpa analisis siklus hidup, dikhawatirkan produksi biobriket justru menimbulkan burden shifting (pergeseran beban lingkungan), misalnya mengurangi emisi di satu tempat tetapi meningkatkannya di tempat lain.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini penting dilakukan untuk menganalisis dampak lingkungan dari produksi biobriket bonggol jagung dengan perekat tapioka menggunakan pendekatan LCA. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan rekomendasi perbaikan proses produksi yang lebih efisien dan benar-benar berkelanjutan, serta menjadi acuan bagi pengembangan energi bersih berbasis limbah pertanian di masa depan.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1. Definisi dan Tujuan LCA

Life Cycle Assessment (LCA) atau Analisis Siklus Hidup merupakan metodologi sistematis yang digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari suatu produk atau jasa sepanjang seluruh siklus hidupnya. Metode ini telah distandardisasi secara internasional melalui ISO 14040 dan ISO 14044. LCA menjawab pertanyaan fundamental: "Berapa besar emisi yang terkait dengan produk spesifik ini, dari awal hingga akhir masa pakainya?".

Dalam konteks energi berkelanjutan, LCA menjadi alat yang semakin penting seiring dengan meningkatnya regulasi seperti Corporate Sustainability Reporting Directive di Eropa dan mekanisme Carbon Border Adjustment yang menjadikan LCA sebagai kebutuhan operasional而非 sekadar metodologi penelitian.

2.2 Empat Fase LCA menurut ISO 14040

Berdasarkan standar ISO 14040 dan ISO 14044, LCA terdiri atas empat fase utama yang bersifat iteratif :

a. Fase Penetapan Tujuan dan Ruang Lingkup (Goal and Scope Definition)

Fase ini mencakup definisi yang jelas tentang tujuan studi, penetapan functional unit (satuan fungsional) yang menjadi acuan seluruh aliran input dan output, serta deskripsi batasan sistem (system boundaries). Pemilihan functional unit sangat krusial karena menentukan validitas perbandingan. Sebagai contoh, membandingkan 1 kg biobriket dengan 1 kg batubara belum tentu bermakna tanpa mempertimbangkan nilai kalor masing-masing.

b. Fase Analisis Inventarisasi Siklus Hidup (Life Cycle Inventory - LCI)

Fase ini melibatkan kompilasi dan kuantifikasi seluruh aliran input dan output yang termasuk dalam batasan sistem yang telah ditetapkan. Data inventarisasi mencakup konsumsi energi, penggunaan material, emisi ke udara, pembuangan limbah cair, dan limbah padat. Kualitas data pada fase ini sangat menentukan kredibilitas keseluruhan studi LCA.

c. Fase Penilaian Dampak Siklus Hidup (Life Cycle Impact Assessment - LCIA)

Pada fase ini, seluruh substansi yang diinventarisasi dikelompokkan ke dalam kategori dampak lingkungan spesifik. Terdapat dua langkah minimal yang harus dilakukan :

- 1) Karakterisasi (*Characterization*) : Kuantifikasi kontribusi setiap substansi terhadap kategori dampak tertentu menggunakan "zat referensi". Sebagai contoh, dampak pemanasan global dinyatakan dalam kg setara CO₂ (CO₂ equivalents).
- 2) Normalisasi (*Normalization*) : Mengubah hasil kategori dampak dengan membaginya terhadap nilai referensi tertentu (misalnya emisi total per orang per tahun) untuk memudahkan perbandingan antar kategori dampak yang berbeda sifatnya .

d. Fase Interpretasi (*Interpretation*)

Fase ini merupakan tahap perangkuman dan pembahasan hasil dari fase-fase sebelumnya. Rekomendasi untuk perbaikan proses dapat dihasilkan pada fase ini, termasuk analisis sensitivitas terhadap asumsi-asumsi kunci .

2.3 Tantangan dalam Pelaksanaan LCA

Terdapat tiga tantangan utama dalam pelaksanaan LCA yang perlu diperhatikan :

- a. Alokasi (Allocation) : Ketika suatu proses menghasilkan banyak output, bagaimana cara membagi dampak lingkungan di antara output-output tersebut? Metode alokasi berdasarkan massa, energi, atau nilai ekonomi dapat menghasilkan hasil yang sangat berbeda.
- b. Pemodelan Akhir Masa Pakai (End-of-life Modelling) : Bagaimana cara mengkreditkan daur ulang dan kepada siapa kredit tersebut diberikan? Pilihan antara metode cut-off, system expansion, atau avoided burden secara material mengubah hasil akhir.
- c. Kualitas Data: Studi yang dibangun berdasarkan data database berusia 20 tahun akan kehilangan kredibilitas saat menghadapi verifikasi eksternal.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan Life Cycle Assessment (LCA) atau Analisis Siklus Hidup. Metode LCA digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari produksi biobriket bonggol jagung dengan perekat tapioka secara holistik, mulai dari pengambilan bahan baku hingga produk akhir siap digunakan . Pendekatan ini dipilih karena mampu mengidentifikasi tahapan mana dalam siklus produksi yang memberikan kontribusi terbesar terhadap berbagai kategori dampak lingkungan.

3.2. Kerangka Penelitian LCA

Penelitian ini mengacu pada standar internasional ISO 14040 dan ISO 14044 yang mencakup empat fase utama :

- a. Penetapan Tujuan dan Ruang Lingkup (Goal and Scope Definition)
- b. Analisis Inventarisasi Siklus Hidup (Life Cycle Inventory - LCI)
- c. Penilaian Dampak Siklus Hidup (Life Cycle Impact Assessment - LCIA)
- d. Interpretasi (Interpretation)

3.3 Fase 1: Penetapan Tujuan dan Ruang Lingkup

3.3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah:

- a. Mengidentifikasi dan mengkuantifikasi dampak lingkungan dari produksi biobriket berbahan baku bonggol jagung dengan perekat tapioka.
- b. Menentukan tahapan proses produksi yang memberikan kontribusi terbesar terhadap beban lingkungan.
- c. Membandingkan kinerja lingkungan biobriket dengan bahan bakar konvensional (seperti batubara atau minyak tanah).
- d. Memberikan rekomendasi perbaikan proses untuk mewujudkan produksi biobriket yang lebih berkelanjutan.

3.3.2 Satuan Fungsional (Functional Unit)

Satuan fungsional yang digunakan adalah 1 MJ (Megajoule) energi yang dihasilkan dari pembakaran biobriket. Pemilihan satuan fungsional ini memungkinkan perbandingan yang adil antara biobriket dengan bahan bakar lain yang memiliki nilai kalor berbeda.

Tabel 1 Batasan Sistem (System Boundary)

Tahapan	Aktivitas yang Dicakup
Pengadaan Bahan Baku	Pengumpulan bonggol jagung dari lahan pertanian, transportasi ke lokasi produksi
Pemrosesan Awal	Pencucian, penjemuran/ pengeringan, pengecilan ukuran (shredding)
Karbonisasi	Proses pirolisis/karbonisasi bonggol jagung menjadi arang
Pencampuran	Pencampuran arang dengan perekat tapioka dan air
Pencetakan	Pembentukan biobriket dengan tekanan tertentu
Pengeringan Akhir	Pengeringan biobriket jadi dalam oven

Tahapan	Aktivitas yang Dicakup
Pengemasan	Proses pengepakan produk akhir

3.3.3 Asumsi dan Batasan Penelitian

Beberapa asumsi yang digunakan dalam penelitian ini:

- Proses karbonisasi menggunakan teknologi retort dengan ventilasi terbatas pada suhu $\pm 300-400^{\circ}\text{C}$.
- Bonggol jagung yang digunakan merupakan limbah pertanian, sehingga tidak membebani dampak dari budidaya jagung (burden-free approach).
- Perekat tapioka yang digunakan adalah tapioka murni tanpa bahan aditif.
- Konsumsi listrik untuk proses pengeringan dan pencetakan berasal dari jaringan PLN (grid mix Indonesia).
- Jarak transportasi bahan baku diasumsikan rata-rata 10-20 km dari lokasi pertanian ke pabrik produksi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil penelitian

4.1.1 Hasil Analisis Karakteristik Biobriket

Berdasarkan pengujian karakteristik biobriket bonggol jagung dengan perekat tapioka yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI 01-6235-2000), diperoleh hasil bahwa biobriket dari bonggol jagung menunjukkan kualitas yang baik sebagai bahan bakar alternatif. Penelitian terkait menunjukkan bahwa bonggol jagung tanpa campuran plastik memiliki kadar air sebesar 11,16 persen, kadar abu 20,04 persen, kadar karbon terikat 77,44 persen, dan nilai kalor mencapai 5.156,93 kalori per gram.

Nilai kalor yang dihasilkan dari biobriket bonggol jagung ini cukup kompetitif dibandingkan dengan biomassa lainnya. Penelitian lain melaporkan bahwa penambahan bonggol jagung pada briket sekam padi mampu meningkatkan nilai kalor dari 3.443 kal/gr menjadi 5.208 kal/gr untuk briket karbonisasi, sementara untuk briket non-karbonisasi meningkat dari 2.203 kal/gr menjadi 4.471 kal/gr. Hal ini menunjukkan bahwa proses karbonisasi sangat berperan penting dalam meningkatkan kualitas biobriket.

4.2.1 Pengaruh Variasi Komposisi Perekat Tapioka

Perekat tapioka memiliki peran krusial dalam proses pembentukan biobriket. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi komposisi perekat tapioka berpengaruh terhadap karakteristik biobriket yang dihasilkan. Pada komposisi campuran bonggol jagung dengan perekat tapioka 10 gram berbanding 40 gram, diperoleh nilai kalor tertinggi sebesar 3.969 kal/gram, dengan laju pembakaran mencapai 0,049 gram/menit .

Namun demikian, penelitian lain mengindikasikan bahwa kadar perekat sebesar 6 persen, 8 persen, dan 10 persen tidak mempengaruhi secara signifikan terhadap karakteristik biobriket karbonisasi dan non-karbonisasi. Nilai kalor sebagai karakteristik utama lebih dipengaruhi oleh komposisi proksimat bahan baku dibandingkan dengan jumlah perekat yang ditambahkan .

Secara umum, peningkatan jumlah perekat tapioka dapat meningkatkan kualitas briket karena kandungan karbon terikat dalam biobriket menjadi semakin tinggi. Namun demikian, penambahan perekat yang berlebihan justru dapat menurunkan nilai kalor karena perekat memiliki nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan arang bonggol jagung itu sendiri.

4.1.3 Analisis Dampak Lingkungan dengan Metode LCA

Berdasarkan analisis siklus hidup (Life Cycle Assessment) yang dilakukan, produksi biobriket dari bonggol jagung memberikan dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar fosil konvensional. Studi terkait menunjukkan bahwa briket bonggol jagung memiliki dampak lingkungan yang lebih kecil dengan nilai eco-cost setara 0,387 dolar Amerika Serikat .

Penelitian tentang pemodelan LCA untuk pembriketan biomassa mengungkapkan bahwa unit pembriketan memberikan kontribusi terbesar yaitu 42 persen terhadap total energi operasional siklus hidup sistem pembriketan . Untuk campuran sekam padi dan bonggol jagung, total energi siklus hidup pembriketan berada dalam kisaran 0,2 hingga 0,3 MJ/MJ. Namun, dalam uji sensitivitas dengan perubahan parameter input LCA lainnya, nilai ini dapat bervariasi hingga 1,7 MJ/MJ .

Temuan penting lainnya adalah bahwa peningkatan kandungan sekam padi dalam campuran justru meningkatkan dampak lingkungan dalam hal potensi pemanasan global (kg CO₂-eq), potensi acidifikasi (kg SO₂-eq), toksisitas manusia, penipisan lapisan ozon, dan ekotoksitas terestrial per MJ energi briket. Hal ini disebabkan karena densitas briket yang lebih rendah, yang meningkatkan kebutuhan energi untuk penanganan.

4.2 Saran

4.2.1. Karakteristik Biobriket Bonggol Jagung dan Kualitasnya

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, biobriket yang dihasilkan dari bonggol jagung dengan perekat tapioka menunjukkan karakteristik yang cukup baik sebagai bahan bakar alternatif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa bonggol jagung tanpa campuran plastik memiliki kadar air sebesar 11,16 persen, kadar abu 20,04 persen, kadar karbon terikat 77,44 persen, dan nilai kalor mencapai 5.156,93 kalori per gram. Nilai kalor ini termasuk dalam kategori yang baik untuk biobriket berbasis biomassa dan menunjukkan bahwa bonggol jagung memiliki potensi energi yang signifikan.

Menarik untuk dicermati bahwa penelitian lain melaporkan hasil yang sedikit berbeda, di mana biobriket dari bonggol jagung dengan perekat tapioka dapat menghasilkan kadar air yang lebih rendah yaitu 3,78 persen, kadar abu 11,7 persen, dan nilai kalor mencapai 5.512 kalori per gram. Perbedaan hasil ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti perbedaan suhu dan waktu karbonisasi, tingkat kehalusan serbuk, tekanan pencetakan, serta metode pengeringan yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa parameter proses produksi memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap kualitas akhir biobriket.

Kandungan karbon terikat yang tinggi pada biobriket bonggol jagung (77,44 persen) merupakan indikator yang sangat baik karena karbon terikat berkontribusi langsung terhadap nilai kalor dan lama pembakaran. Semakin tinggi kadar karbon terikat, semakin lama biobriket dapat menyala dan menghasilkan panas. Karakteristik ini menjadikan biobriket bonggol jagung sebagai bahan bakar yang efisien untuk berbagai keperluan, mulai dari skala rumah tangga hingga industri kecil.

4.2.2. Peran dan Pengaruh Perekat Tapioka terhadap Kualitas Biobriket

Perekat tapioka memiliki peran yang sangat krusial dalam proses pembuatan biobriket. Tapioka berfungsi sebagai bahan pengikat yang merekatkan partikel-partikel arang bonggol jagung sehingga membentuk struktur yang padat dan kokoh. Penelitian menunjukkan bahwa variasi konsentrasi perekat tapioka memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik biobriket yang dihasilkan.

Kadar air dalam biobriket dipengaruhi oleh kandungan air yang berasal dari perekat yang digunakan. Semakin banyak perekat yang ditambahkan, kadar air cenderung meningkat karena perekat tapioka dicampur dengan air sebelum digunakan. Berdasarkan penelitian, kadar air biobriket yang baik berada pada kisaran 2,45 hingga 3,33 persen untuk berbagai variasi komposisi. Kadar air yang rendah sangat penting karena jika kadar air tinggi, maka energi yang dihasilkan akan banyak terpakai untuk menguapkan air terlebih dahulu sebelum biobriket benar-benar terbakar.

Selain itu, kadar abu juga dipengaruhi oleh penambahan perekat. Perekat tapioka yang berasal dari pati singkong mengandung senyawa anorganik yang dapat berkontribusi terhadap pembentukan abu saat pembakaran. Penelitian menunjukkan bahwa kadar abu biobriket bonggol jagung dapat mencapai 11,7 persen. Kadar abu yang tinggi dapat mengurangi efisiensi pembakaran karena abu akan menutupi permukaan biobriket dan menghalangi oksigen masuk ke dalam pori-pori briket. Namun, kadar abu 11,7 persen ini masih tergolong wajar untuk biobriket berbasis biomassa.

Temuan penting lainnya adalah bahwa penambahan perekat tapioka dalam jumlah yang terlalu besar justru dapat menurunkan nilai kalor biobriket. Hal ini terjadi karena perekat tapioka memiliki nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan dengan arang bonggol jagung itu sendiri. Oleh karena itu, diperlukan optimasi komposisi perekat untuk mencapai keseimbangan antara kekuatan mekanik dan nilai energi. Penelitian merekomendasikan penggunaan perekat pada kisaran 6 hingga 10 persen dari total campuran untuk mendapatkan hasil yang optimal.

4.2.3. Pengaruh Proses Karbonisasi terhadap Karakteristik Biobriket

Proses karbonisasi merupakan tahap yang sangat menentukan dalam produksi biobriket. Karbonisasi adalah proses pemanasan biomassa pada suhu tinggi dengan ketersediaan oksigen terbatas untuk mengubah biomassa menjadi arang. Suhu dan waktu karbonisasi memiliki pengaruh yang besar terhadap karakteristik biobriket yang dihasilkan.

Penelitian menunjukkan bahwa suhu karbonisasi yang lebih tinggi (dalam kisaran 400-600 derajat Celcius) cenderung menghasilkan biobriket dengan kadar air dan kadar zat terbang yang lebih rendah, serta nilai kalor yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena pada suhu tinggi, hampir seluruh senyawa organik volatil (mudah menguap) telah terlepas dari biomassa, sehingga yang tersisa terutama adalah karbon murni yang memiliki nilai kalor tinggi. Sebaliknya, karbonisasi pada suhu rendah menghasilkan arang dengan kadar zat terbang yang masih tinggi, yang dapat menyebabkan asap berlebihan saat pembakaran.

4.2.4 Analisis Dampak Lingkungan dari Produksi Biobriket

Salah satu keunggulan utama biobriket bonggol jagung adalah dampak lingkungannya yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil. Berdasarkan penilaian Life Cycle Assessment (LCA), biobriket bonggol jagung memiliki nilai eco-cost setara dengan 0,387 dolar Amerika Serikat, yang mengindikasikan beban lingkungan yang relatif kecil. Nilai ini jauh lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar fosil seperti batubara atau minyak tanah.

Emisi karbon dioksida (CO₂) dari pembakaran biobriket bersifat netral karena karbon yang dilepaskan ke atmosfer setara dengan karbon yang diserap oleh tanaman jagung selama pertumbuhannya melalui proses fotosintesis. Ini berbeda dengan bahan bakar fosil yang

melepaskan karbon yang telah tersimpan di dalam bumi selama jutaan tahun, sehingga menambah konsentrasi CO₂ di atmosfer secara signifikan. Dengan demikian, penggunaan biobriket berkontribusi pada upaya mitigasi perubahan iklim.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

5.1.1. Karakteristik Biobriket Bonggol Jagung

Biobriket yang dihasilkan dari bonggol jagung dengan perekat tapioka menunjukkan kualitas yang baik sebagai bahan bakar alternatif. Nilai kalor yang dihasilkan mencapai sekitar 5.156 kalori per gram untuk biobriket dengan proses karbonisasi, sementara untuk biobriket non-karbonisasi nilai kalornya lebih rendah. Kadar air biobriket tergolong rendah yaitu sekitar 11 persen, yang menunjukkan bahwa biobriket memiliki daya simpan yang baik dan mudah terbakar. Kadar abu yang dihasilkan sekitar 20 persen, yang masih dalam batas toleransi untuk penggunaan sebagai bahan bakar rumah tangga maupun industri kecil.

5.1.2. Pengaruh Perekat Tapioka

Perekat tapioka berperan penting dalam proses pembentukan biobriket. Variasi komposisi perekat tapioka mempengaruhi karakteristik biobriket yang dihasilkan. Komposisi perekat yang terlalu sedikit menyebabkan biobriket mudah hancur, sementara komposisi perekat yang berlebihan justru dapat menurunkan nilai kalor karena perekat memiliki nilai energi yang lebih rendah dibandingkan arang bonggol jagung. Kadar perekat yang optimal berada pada kisaran 6 hingga 10 persen dari total campuran, yang mampu menghasilkan biobriket dengan kualitas mekanik yang baik tanpa mengorbankan nilai kalor secara signifikan.

5.1.3 Dampak Lingkungan dari Produksi Biobriket

Berdasarkan analisis Life Cycle Assessment, produksi biobriket dari bonggol jagung memberikan dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar fosil konvensional seperti batubara dan minyak tanah. Emisi gas rumah kaca dari biobriket bersifat netral karena karbon yang dilepaskan saat pembakaran setara dengan karbon yang diserap tanaman jagung selama pertumbuhannya. Emisi sulfur dioksida dari biobriket sangat rendah karena kandungan sulfur dalam biomassa yang minimal, sehingga tidak berkontribusi terhadap hujan asam.

5.1.4. Tahapan Proses dengan Dampak Lingkungan Tertinggi

Terdapat tiga tahapan dalam proses produksi biobriket yang memberikan kontribusi terbesar terhadap beban lingkungan. Tahap pertama adalah proses karbonisasi, yang

menghasilkan emisi gas rumah kaca berupa CO₂ dan CH₄ serta partikulat dari pembakaran tidak sempurna. Tahap kedua adalah proses pengeringan, yang membutuhkan konsumsi energi listrik yang cukup besar. Tahap ketiga adalah proses transportasi bahan baku dari lokasi pertanian ke pabrik produksi yang menghasilkan emisi dari kendaraan bermotor.

5.2 Saran

5.2.1. Saran untuk Perbaikan Proses Produksi

- a. Perbaikan Teknologi Karbonisasi: Disarankan untuk menggunakan teknologi retort dengan sistem tertutup atau sistem sirkulasi gas dalam proses karbonisasi. Teknologi ini mampu menekan emisi gas buang dan partikulat yang dihasilkan, sekaligus meningkatkan efisiensi energi karena gas hasil pirolisis dapat dimanfaatkan kembali sebagai sumber energi untuk proses karbonisasi itu sendiri. Hal ini akan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar eksternal dan menurunkan jejak karbon produksi secara keseluruhan.
- b. Optimalisasi Konsumsi Energi pada Tahap Pengeringan: Proses pengeringan biobriket sebaiknya menggunakan energi panas terbuang dari proses karbonisasi atau memanfaatkan energi surya untuk pengeringan awal. Penggunaan oven listrik perlu diminimalkan atau diganti dengan sistem pengeringan berbasis biomassa yang lebih efisien. Selain itu, pengaturan suhu dan durasi pengeringan perlu dioptimalkan untuk menghindari pemborosan energi.
- c. Pengurangan Proporsi Perekat Tapioka: Penggunaan perekat tapioka perlu dioptimalkan pada kadar yang cukup untuk menghasilkan biobriket dengan kerapatan dan ketahanan mekanik yang baik, tanpa menurunkan nilai kalor secara signifikan. Disarankan untuk melakukan uji coba lebih lanjut dengan variasi perekat antara 6 hingga 8 persen untuk menemukan komposisi paling optimal yang menyeimbangkan kualitas fisik dan nilai energi.

5.2.2. Saran untuk Penelitian Selanjutnya

- a. Perluasan Batasan Sistem: Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas batasan sistem dari cradle-to-gate menjadi cradle-to-grave, sehingga mencakup tahap distribusi, penggunaan oleh konsumen, dan akhir masa pakai produk. Hal ini akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai dampak lingkungan total dari biobriket bonggol jagung.
- b. Verifikasi Asumsi Burden-Free: Asumsi bahwa bonggol jagung merupakan limbah pertanian sehingga tidak membebani dampak dari budidaya jagung perlu diverifikasi lebih lanjut. Penelitian lanjutan dapat menggunakan pendekatan alokasi ekonomi atau sistem ekspansi untuk menangani multifungsi dari tanaman jagung.
- c. Analisis Sensitivitas yang Lebih Mendalam: Disarankan untuk melakukan analisis sensitivitas yang lebih mendalam terhadap parameter-parameter kunci seperti jarak transportasi, sumber listrik yang digunakan, dan efisiensi proses karbonisasi. Hal ini penting

untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap kinerja lingkungan biobriket.

d. Pengujian Jenis Perekat Alternatif: Penelitian lanjutan dapat mengkaji penggunaan perekat alternatif yang lebih ramah lingkungan seperti perekat dari pati singkong yang dimodifikasi, perekat dari limbah kertas, atau perekat dari getah pohon. Perbandingan LCA antar berbagai jenis perekat akan memberikan rekomendasi yang lebih baik.

5.2.3 Saran untuk Pengembangan Kebijakan

a. Dukungan Pemerintah untuk Teknologi Tepat Guna: Pemerintah daerah dan pusat diharapkan memberikan dukungan dalam bentuk pendanaan, pelatihan, atau penyediaan peralatan teknologi karbonisasi ramah lingkungan bagi pelaku usaha mikro kecil dan menengah yang memproduksi biobriket. Insentif fiskal seperti keringanan pajak atau subsidi peralatan dapat mendorong adopsi teknologi bersih.

b. Standarisasi Kualitas Biobriket: Diperlukan standar nasional yang lebih spesifik untuk biobriket dari limbah pertanian, terutama yang membedakan antara biobriket untuk keperluan rumah tangga dan industri. Standar ini akan membantu konsumen mendapatkan produk yang berkualitas dan mendorong produsen untuk terus meningkatkan mutu produknya.

c. Sosialisasi dan Edukasi Masyarakat: Perlu dilakukan sosialisasi kepada masyarakat tentang manfaat biobriket sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis. Program percontohan penggunaan biobriket di tingkat desa atau kelurahan dapat menjadi langkah awal untuk membangun kepercayaan masyarakat terhadap produk ini.

DAFTAR REFERENSI

- Abdillah, M.F. and Siregar, I.H. (2024) "Pengaruh Variasi Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka Terhadap Karakteristik Biobriket Campuran Arang Tempurung Kelapa dan Jaggel Jagung," *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 12(02), pp. 89–100.
- Almu, M.A., Syahrul and Padang, Y.A. (2014) "Analisa Nilai Kalor Dan Laju Pembakaran Pada Briket," *Dinamika Teknik Mesin*, 4(2), pp. 117–122.
- Amrullah, S. and Oktaviananda, C. (2023) "Karakterisasi Briket Bonggol Jagung dengan Variasi Konsentrasi Tepung Beras Ketan sebagai Perekat," *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*, 8(1), pp. 15–20.
- Anizar, H., Sribudiani, E. and Somadona, S. (2020) "Pengaruh Bahan Perekat Tapioka Dan Sagu Terhadap Kualitas Briket Arang Kulit Buah Nipah," *Perennial*, 16(1), pp. 11–17.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SNI 01-6235-2000 tentang Briket Arang Kayu*. Jakarta: BSN.
- Cholilie, I.A. and Zuari, L. (2021) "Pengaruh Variasi Jenis Perekat terhadap Kualitas Biobriket

- Berbahan Serabut dan Tandan Buah Lontar (*Borassus flabellifer* L.)," *Agro Bali : Agricultural Journal*, 4(3), pp. 391–402.
- Haidar, A., Tamrin, Asmara, S., and Bustomi, R.A. (2022) "Pengaruh Campuran Limbah Tongkol Jagung, Batang Singkong dan Batu Bara dengan Perekat Tapioka terhadap Kualitas Briket Biocoal," *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 1(2), pp. 246–257.
- Hartini, S., Sari, D.P., Nurhardiyanto, D., Hisjam, M., Ardityawan, B.D., and Sandi, D.A. (2026) "Experimental Design and Life Cycle Assessment of Biomass Briquettes from Melinjo Shell, Tobacco Stem, and Cacao Shell," *Biomass*, 6(2), p. 31. DOI: 10.3390/biomass6020031.
- Haryono, H. (2020) "Uji Kualitas Briket dari Tongkol Jagung dengan Perekat Kanji/PET dan Komposisi Gas Buang Pembakarannya," *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 4(2), pp. 131–139.
- Irawansyah, H. et al. (2022) "Pengaruh Variasi Ukuran Serbuk (Mesh) Dan Persentase Perekat Tapioka Terhadap Sifat Fisik Pellet Kayu Gelam," *Multitek Indonesia*, 15(2), pp. 13–22.
- Jayana, R. and Evila Purwanti Sri Rahayu, T. (2022) "Pengaruh Variasi Rasio Perekat Terhadap Nilai Kalor Briket dari Ranting Kayu dan Sekam Padi," *Seminar Nasional Inovasi dan Pengembangan Teknologi Terapan (SENOVTEK) Cilacap*, pp. 71–78.
- Khatri, P., Bergman, R., Nepal, P., Nicholls, D.L., and Gray, A. (2025) "Evaluating life cycle greenhouse gas emissions from alternative forest residue utilization: Energy and product pathways," *Biomass and Bioenergy*, 201, p. 108059. DOI: 10.1016/j.biombioe.2025.108059.
- Mahadi, I., Zulfarina, Z. and Panggabean, Y.U. (2023) "Pengaruh Konsentrasi Campuran Perekat Kanji Dan Sagu Terhadap Mutu Briket Limbah Kulit Kolang Kaling (*Arenga pinnata* Merr.)," *Bio-Lectura : Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(1), pp. 36–45.
- Muazu, R.I., Borrión, A.L., and Stegemann, J.A. (2022) "Life Cycle Assessment Model for Biomass Fuel Briquetting," *Waste and Biomass Valorization*, 13, pp. 2461–2476. DOI: 10.1007/s12649-021-01596-7.
- Nugroho, M.A. and Nurhayati, S. (2024) "Produksi pembuatan briket arang dari pengolahan limbah tempurung kelapa sebagai sumber energi terbarukan," *Determinasi: Jurnal Ekonomi Manajemen dan Akuntansi*, 2(2), pp. 47–55.
- Pangga, D. et al. (2022) "Pengaruh Variasi Bahan Perekat Biobriket Berbahan Dasar Tongkol Jagung Terhadap Nilai Kalor Dan Laju Pembakaran," *ORBITA: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 8(1), p. 175.
- Rahardja, I.B., Hasibuan, C.E. and Dermawan, Y. (2022) "Analisis briket fiber mesocar kelapa

sawit metode karbonisasi dengan perekat tepung tapioka," SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 16(2), p. 82.